



## مقایسه روش‌های تحلیلی و عددی در ترسیم منحنی واکنش زمین مطالعه موردی تونل‌های دوقلوی شبلی (تونل جنوبی)

مسعود شمس‌الدین سعید<sup>۱</sup>، حامد شمس‌الدینی<sup>۲</sup>، مجید غیائی<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک سنگ، دانشکده مهندسی معدن و متالورژی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر تهران.

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد استخراج، دانشگاه شهیدباهنر کرمان، دانشکده مهندسی معدن.

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد استخراج، دانشگاه شهیدباهنر کرمان، دانشکده مهندسی معدن.

Masoudshams90@yahoo.com

### خلاصه

تعیین منحنی واکنش زمین و زمان نصب سیستم نگهداری در هر مرحله از حفاری با پیچیدگی‌هایی همراه است. از جمله این روش‌ها، روش‌های تحلیلی هستند که براساس فرض‌های متعدد استوار و بعضاً ساده کننده هستند و در بعضی از سازه‌ها نتایج حاصله در عمل دور از واقعیت است. براین اساس می‌توان از دقت روش‌های عددی بهره جست. هدف از این تحقیق اعتبارسنجی نرم‌افزار عددی FLAC2D در رسم منحنی واکنش زمین و مقایسه نتایج حاصله با روش‌های تحلیلی است. بدین منظور تونل جنوبی شبلی مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته است. روش کار بدین صورت است که ابتدا به کمک روابط تحلیلی ارائه شده، جابجایی‌هایی که هنگام حفاری در تونل و در فشارهای مختلف نگهداری صورت می‌گیرد، محاسبه و سپس منحنی مشخصه زمین رسم می‌شود. مقایسه نتایج حاصل از روش‌های تحلیلی و عددی بیانگر اختلاف قابل ملاحظه جابجایی در دیواره تونل است، بدین صورت که مقدار جابجایی محاسبه شده در روش عددی بیشتر از جابجایی بدست آمده از روش تحلیلی است.

کلمات کلیدی: منحنی واکنش زمین، تونل جنوبی شبلی، روش تحلیلی، FLAC2D

### ۱. مقدمه

توجه روزافزون به هزینه حفر تونل‌های معدنی منجر به تحقیقات بیشتر برای بهینه سازی اقتصادی نگهداری شده است و برای انتخاب ترکیب‌های مختلف نگهداری با نتایج تکنیکی یکسان و هزینه‌های کمتر خصوصاً در توده‌سنگ‌های ناپایدار، درک مفهومی اندرکنش نگهداری و توده‌سنگ امری اجتناب‌ناپذیر است [۱].

در این راستا با وجود محدودیت‌هایی که مفروضات ساده کننده برای روش تحلیلی به وجود آورده است، طراحان از آن به عنوان ابزاری توانا برای آنالیز اولیه رفتار زمین استفاده می‌کنند. براین اساس هدف از این تحقیق، رسم منحنی واکنش زمین و نیز اندرکنش حائل و سنگ دربرگیرنده سازه با استفاده از روش عددی است که پیش فرض‌های محدودکننده روش‌های تحلیلی را نداشته و به راحتی برای هر سازه زیرزمینی با هر هندسه دلخواه قابل استفاده می‌باشد [۲ و ۳].

### ۲. معرفی تونل‌های دوقلوی شبلی

تونل‌های دوقلوی شبلی (شمالی و جنوبی) با طول تجمعی ۴۵۳۳ متر، عرض ۱۲ متر و ارتفاع ۱۰ متر بخشی از طرح آزادراه زنجان- تبریز است که در ۲۵ کیلومتری تبریز ساخته شده است. بر پایه اطلاعات زمین‌شناسی مهندسی تونل‌ها و همچنین امتیاز ژئومکانیکی بدست آمده از پیمایش‌های سطحی و برداشت‌های عمقی همزمان با حفاری، مسیر تونل‌ها به سه بلوک A، B و C تقسیم شده است. محدوده A از سنگ‌های شیل آهکی همراه با لزهایی از آهک ماسه‌ای تشکیل شده است به طوری که محکم‌ترین بلوک مسیر تونل‌ها را تشکیل می‌دهد. بلوک B شامل شیل‌های سیاه تا خاکستری بوده که اختلاف در رنگ آنها بنابر تفاوت میزان کربن تشکیل دهنده آنها می‌باشد و خصوصیات ژئومکانیکی آنها در رده متوسط قرار دارد. بلوک C از شیل-های سیاه تا مارن بسیار خرد شده تشکیل شده‌اند که ضعیف‌ترین محدوده تونل‌ها را از لحاظ خصوصیات ژئومکانیکی در بر می‌گیرد (شکل ۱).